



|                   |     |
|-------------------|-----|
| REC'D 28 NOV 2003 |     |
| WIPO              | PCT |

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 30 SEP. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

Martine PLANCHE

BEST AVAILABLE COPY

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr



26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 1/2

**BR1**

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 Q W / 010631

|   |                      |  |      |
|---|----------------------|--|------|
| <b>REMISE DES PIÈCES</b><br>DATE <b>26 SEP. 2002</b><br>LIEU <b>99</b><br>N° D'ENREGISTREMENT <b>0211945</b><br>NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI<br>DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE <b>26 SEP. 2002</b><br>PAR L'INPI |                      | <b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b><br>À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE<br>INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE<br>1 et 4 avenue de Bois Préau<br>92852 Rueil-Malmaison cedex  |      |
| <b>Vos références pour ce dossier</b><br>(facultatif) JC/CLN  |                      |  |      |
| <b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b>  |                      | <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie   |      |
| <b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>   |                      | <b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>  |      |
| Demande de brevet   |                      | <input checked="" type="checkbox"/>  |      |
| Demande de certificat d'utilité   |                      | <input type="checkbox"/>   |      |
| Demande divisionnaire   |                      | <input type="checkbox"/>   |      |
| Demande de brevet initiale<br>ou demande de certificat d'utilité initiale   |                      | N°   | Date |
|   |                      | N°   | Date |
| Transformation d'une demande de brevet européen Demande de brevet initiale  |                      | <input type="checkbox"/>   |      |
|   |                      | N°   | Date |
| <b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b><br>DISPOSITIF D'EMISSION SISMIQUE DANS UNE FORMATION SOUTERRAINE ET METHODE POUR SA MISE EN OEUVRE                                      |                      |  |      |
| <b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ</b><br><b>OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE</b><br><b>LA DATE DE DÉPÔT D'UNE</b><br><b>DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>  |                      | Pays ou organisation<br>Date <input type="text"/> N°<br>Pays ou organisation<br>Date <input type="text"/> N°<br>Pays ou organisation<br>Date <input type="text"/> N°<br><input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite» |      |
| <b>5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)</b>   |                      | <input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique   |      |
| Nom ou dénomination sociale   |                      | INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE   |      |
| Prénoms   |                      |  |      |
| Forme juridique   |                      | Organisme Professionnel  |      |
| N° SIREN  |                      |  |      |
| Code APE-NAF  |                      |  |      |
| Domicile ou siège   | Rue                  | 1 et 4 avenue de Bois Préau  |      |
|   | Code postal et ville | 92852 Rueil-Malmaison cedex  |      |
|   | Pays                 | France   |      |
| Nationalité   |                      | Française  |      |
| N° de téléphone (facultatif)  |                      | 01 47 52 60 00 N° de télécopie (facultatif) 01 47 52 70 03   |      |
| Adresse électronique (facultatif)   |                      |  |      |
| <input checked="" type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»  |                      |  |      |

Remplir impérativement la 2<sup>ème</sup> page



# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE  
page 2/2

BR2

|   |                      |  |
|---|----------------------|--|
| REMISE DES PIÈCES<br>DATE <b>26 SEP. 2002</b><br>LIEU <b>99</b><br>N° D'ENREGISTREMENT <b>0211945</b><br>NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI |                      | Réservé à l'INPI   |
| Vos références pour ce dossier :<br>(facultatif)  |                      | JC/CLN   |
| <b>6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)</b>   |                      |  |
| Nom   |                      | ELMALEH  |
| Prénom  |                      | Alfred   |
| Cabinet ou Société  |                      | INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE   |
| N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel   |                      |  |
| Adresse   | Rue                  | 1 et 4 avenue de Bois Préau  |
|   | Code postal et ville | 92 18 15 12 Rueil-Malmaison cedex  |
|   | Pays                 | France   |
| N° de téléphone (facultatif)  |                      | 01 47 52 60 00   |
| N° de télécopie (facultatif)  |                      | 01 47 52 70 03   |
| Adresse électronique (facultatif)   |                      |  |
| <b>7 INVENTEUR (S)</b>  |                      | Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques<br><input type="checkbox"/> Oui<br><input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)  |
| Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes   |                      | <input type="checkbox"/> Oui<br><input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)  |
| <b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>   |                      | Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)   |
| Établissement immédiat ou établissement différé   |                      | <input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat<br><input type="checkbox"/> Établissement différé   |
| Paiement échelonné de la redevance<br>(en deux versements)  |                      | Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt<br><input type="checkbox"/> Oui<br><input checked="" type="checkbox"/> Non  |
| <b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>   |                      | Uniquement pour les personnes physiques<br><input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition)<br><input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG |
| Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes   |                      |  |
| <b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b><br>(Nom et qualité du signataire)<br>Alfred ELMALEH,<br>Chef du Département Brevets |                      | VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI<br>   |

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**


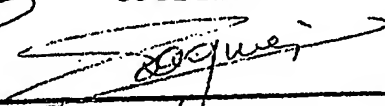
Page suite N° 1.../1...

**BR/SUITE**

REMISE DES PIÈCES  
DATE **26 SEP. 2002**  
UEU **99**  
N° D'ENREGISTREMENT **0211945**  
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 829 0 W / 180621

|  |                      |  |  |
|--|----------------------|--|--|
| <b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b>   |                      | <b>JC/CLN</b>  |  |
| <b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ<br/>OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE<br/>LA DATE DE DÉPÔT D'UNE<br/>DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>                                 |                      | Pays ou organisation   |  |
|  |                      | Date   |  |
|  |                      | Pays ou organisation   |  |
|  |                      | Date   |  |
| <b>5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Personne morale</b> <input type="checkbox"/> <b>Personne physique</b> |                      | Pays ou organisation   |  |
|  |                      | Date   |  |
|  |                      | Pays ou organisation   |  |
|  |                      | Date   |  |
| Nom ou dénomination sociale  |                      | GAZ DE FRANCE - SERVICE NATIONAL   |  |
| Prénoms  |                      |  |  |
| Forme juridique  |                      | Etablissement Public à caractère industriel et commercial  |  |
| N° SIREN   |                      |  |  |
| Code APE-NAF   |                      |  |  |
| Domicile ou siège  | Rue                  | 23, rue Philibert Delorme  |  |
|  | Code postal et ville | 75 184 10 Paris cedex 17   |  |
|  | Pays                 | France   |  |
| Nationalité  |                      | Française  |  |
| N° de téléphone (facultatif)   |                      |  |  |
| N° de télécopie (facultatif)   |                      |  |  |
| Adresse électronique (facultatif)  |                      |  |  |
| <b>5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Personne morale</b> <input type="checkbox"/> <b>Personne physique</b> |                      | COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE  |  |
|  |                      | Nom ou dénomination sociale  |  |
|  |                      | Prénoms  |  |
|  |                      | Forme juridique  |  |
| N° SIREN   |                      |  |  |
| Code APE-NAF   |                      |  |  |
| Domicile ou siège  | Rue                  | 1, rue Léon Migaux   |  |
|  | Code postal et ville | 91 134 11 Massy cedex  |  |
|  | Pays                 | France   |  |
| Nationalité  |                      | Française  |  |
| N° de téléphone (facultatif)   |                      |  |  |
| N° de télécopie (facultatif)   |                      |  |  |
| Adresse électronique (facultatif)  |                      |  |  |
| <b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR<br/>OU DU MANDATAIRE<br/>(Nom et qualité du signataire)</b>   |                      | <b>VISA DE LA PRÉFECTURE<br/>OU DE L'INPI</b>  |  |
| Alfred ELMALEH,<br>Chef du Département Brevets   |                      |   |  |

5

La présente invention concerne un dispositif d'émission sismique dans une formation souterraine et méthode pour sa mise en oeuvre.

Un tel dispositif d'émission trouve des applications notamment dans le cadre d'opérations sismiques où l'on forme des images sismiques d'une formation souterraine à explorer à partir d'ondes élastiques captées par des récepteurs sismiques appropriés, ces ondes étant renvoyées par les discontinuités du sous-sol en réponse à des ondes émises par une source telle qu'un vibreur électromécanique.

Le système selon l'invention est plus particulièrement utile dans le cadre d'opérations de surveillance à long terme d'un gisement souterrain en cours d'exploitation, (un réservoir de stockage de fluides par exemple ou un gisement pétrolier) dites de sismique répétitive, où l'on compare des images sismiques du sous-sol obtenues à intervalles réguliers de façon à déceler les modifications qui ont pu s'y produire dues à l'exploitation. Il s'agit d'opérations de longue durée car les variations à observer sont relativement lentes.

## 20      **Etat de la technique**

La reconnaissance sismique d'un gisement souterrain s'opère d'une façon générale en couplant avec le sol des sources sismiques et des récepteurs, suivant différentes combinaisons où les sources et/ou les récepteurs sont disposés à la surface ou à son voisinage ou dans un ou plusieurs puits au travers de la formation explorée. On réalise des séries de cycles d'émission réception sismique en changeant à chaque fois l'emplacement de la source sismique par rapport à l'axe du puits où les ensembles de récepteurs sont installés, suivant une technique dite de "walk-away", et en enregistrant les arrivées aux récepteurs R1 à Rn en fonction du temps de propagation t.

Les sources sismiques utilisées sont le plus souvent des vibrateurs électromécaniques : électro-hydrauliques, piézoélectriques, etc. Des vibrateurs de type piézoélectrique sont décrits par exemple dans le brevet FR 2.791.180 ou le brevet US 5 360 951.

- 5           La surveillance de l'évolution des gisements nécessite généralement des opérations sismiques de surveillance espacées dans le temps. Dans la pratique, il faut réinstaller l'équipement sismique de surface à chaque nouvelle séance d'enregistrement sismique, et, de préférence, reproduire les conditions d'émission des opérations sismiques précédentes.

10           Une méthode connue de surveillance d'un gisement d'hydrocarbures ou d'un réservoir souterrain de fluide comporte l'utilisation d'un système de surveillance comprenant des antennes de réception formées par interconnexion de récepteurs sismiques, installées à demeure respectivement dans des trous de faible profondeur, avec des moyens de connexion sur lesquels peuvent se brancher des câbles de connexion à un laboratoire sismique, et un camion vibreur que l'on déplace sur le terrain.

- 15           L'utilisation d'une source mobile telle qu'un vibreur présente des inconvénients surtout dans le cadre d'une surveillance périodique d'un réservoir de stockage souterrain. Avec une source déplaçable, on ne peut assurer une reproductibilité suffisante dans le temps et dans l'espace des ondes sismiques émises. Il est très difficile de positionner la source exactement aux mêmes endroits que celles qu'elle occupait lors des cycles  
20 précédents d'émission réception précédents, et, dans l'hypothèse où ce lieu serait exactement le même, d'obtenir que son coefficient de couplage avec le sol y soit tout à fait le même.

Par le brevet FR 2 728 973 (US 5 724 311), on connaît également une méthode et un dispositif de surveillance sismique permanente d'une formation souterraine. Dans le  
25 cadre d'opérations de surveillance régulière à long terme d'une zone souterraine, on installe un dispositif d'émission réception sismique à poste fixe sur le site d'exploitation, de façon à retrouver d'une fois sur l'autre des conditions opératoires stables : emplacements identiques d'émission réception, qualité de couplage identique avec les terrains etc. Le dispositif comporte une pluralité de sources sismiques (des vibrateurs électromécaniques par  
30 exemple) à des emplacements fixes en surface ou bien enterrées à faible profondeur, que l'on alimente et on déclenche par une station centrale de commande et d'enregistrement.

Les sources sismiques et le réseau de liaison peuvent être enterrés ou bien encore installés de façon permanente en surface, et associée à au moins un ensemble de récepteurs qui est couplé en permanence avec le sol en surface ou bien avec la paroi d'au moins un puits traversant la zone souterraine. Grâce à cet ensemble de sources à poste fixe dont le couplage avec les terrains environnant reste stable, et à ce réseau d'alimentation au moins en partie enterré dont l'aire d'emprise en surface est réduite, on peut mener toute une série d'opérations sismiques de surveillance dans des conditions opératoires stables, sans risque d'incompatibilité avec les activités du chantier d'exploitation.

Par le brevet FR 2.728.973 (US 5,724,311), on connaît un autre dispositif de surveillance sismique permanente d'une formation souterraine au moyen d'un ou plusieurs ensembles d'émission réception sismique comportant chacun une source telle qu'un vibreur et une antenne réceptrice formée d'une pluralité des récepteurs d'ondes élastiques tels que des géophones et/ou des hydrophones descendus dans un puits et couplés avec la formation. La source sismique peut être disposée à la surface sur un bloc de béton solidaire du sol. De préférence, on la fixe à une dalle dans une cavité voisine du puits ou formée par élargissement de la section du puits dans sa partie supérieure de façon à diminuer les perturbations dues aux variations hydrométriques du sol. Les récepteurs et la source sont reliés à une station extérieure de commande et d'acquisition de signaux. Les opérations de mise en place de ces ensembles sont relativement simples et la zone d'emprise au sol des différents puits est réduite ce qui facilite leur intégration sur des chantiers d'exploitation de gisements.

Grâce à cet ensemble de sources à poste fixe facilement intégrables sur les chantiers d'exploitation de gisements ou de stockage de fluides et dont la qualité de couplage avec les terrains environnant est connue et stable, on peut mener toute une série d'opérations sismiques de surveillance dans des conditions opératoires similaires. Les jeux de traces sismiques peuvent être utilement comparés et leurs différences sont bien significatives des changements survenus dans les formations.

---

Les vibreurs évoqués ci-dessus sont couplés avec les terrains par une surface limitée ce qui présente de notables inconvénients. Le diagramme de rayonnement favorise en effet la formation d'ondes de surface et de type S se propageant à l'horizontale, qui perturbent les enregistrements et compliquent leur traitement. De plus, leur rendement en

ondes de compression est relativement faible, et, comme leur profondeur d'enfouissement est relativement faible, on ne peut pas s'affranchir complètement avec elles des variations des caractéristiques pétroélastiques de la zone altérée dues aux conditions météorologiques.

### **Le dispositif et la méthode selon l'invention**

5 Le dispositif selon l'invention est adapté à émettre des ondes dans une formation souterraine. Il comporte un ou plusieurs vibreur(s) comprenant chacun deux pavillons, au moins un élément moteur adapté à engendrer des vibrations et à les communiquer aux pavillons et un générateur pour appliquer des signaux de commande périodiques à l'élément moteur. Il est caractérisé en ce que le ou chaque vibreur est positionné dans un  
10 puits ou cavité et noyé dans au moins un matériau solide assurant son couplage avec la formation souterraine, ce matériau étant au contact avec les deux pavillons sur une partie au moins de chacune de leurs faces respectives.

Chaque vibreur peut comporter des barres d'ancrage associées à au moins un des pavillons pour accroître le couplage du vibreur avec la masse de matériau de couplage.

15 Suivant un mode de réalisation, chaque pavillon comporte au moins deux plaques disposées à distance l'une de l'autre et réunies par les barres d'ancrage.

De préférence, la surface externe de chaque plaque et celle des barres d'ancrage sont pourvues d'inégalités de relief (surface cannelée) pour accroître la surface de couplage du dispositif avec le matériau de couplage.

20 Les plaques terminales peuvent être perforées de façon à faciliter la pénétration du matériau de couplage dans l'espace compris entre les deux plaques terminales.

On peut utiliser par exemple un seul matériau d'enrobage qui est réparti de façon à assurer le couplage avec la formation, au moins au niveau des extrémités opposés du vibreur. On peut aussi utiliser au moins deux matériaux de couplage différents, un  
25 premier matériau étant réparti suivant deux masses distinctes pour assurer le couplage du vibreur avec la formation, au niveau de ses extrémités opposés, et un deuxième matériau étant intercalé entre les deux masses.



Avec ses pavillons étroitement en contact avec le matériau de couplage à la formation, le rendement énergétique du vibreur est amélioré et l'émission des ondes S très atténuée par le mouvement en sens opposé des deux plaques.

Suivant un mode de mise en œuvre préféré, le dispositif comporte plusieurs  
 5 vibreurs connectés à un générateur de signaux, ces vibreurs étant disposés à intervalles les uns des autres le long d'un puits et tous noyés dans au moins un matériau de couplage. Un boîtier de contrôle peut être intercalé entre les vibreurs et le générateur de signaux ce qui permet de les déclencher successivement, de façon à obtenir une émission orientée principalement suivant un diagramme défini.

10 Pour permettre ce déclenchement des vibreurs en séquence, le dispositif comporte par exemple un récepteur sismique couplé avec les formations environnant le puits à une profondeur déterminée qui est connecté avec un ensemble d'acquisition et de traitement, adapté à commander en séquence les vibreurs.

Il peut également comporter des récepteurs sismiques associés aux différents  
 15 vibreurs (ils sont par exemple fixés à des supports solidaires des barres d'ancrage) et connectés à l'ensemble d'acquisition et de traitement qui est adapté à déterminer les temps de trajet des ondes entre les emplacements des différents vibreurs et à les commander en séquence.

Les éléments moteurs peuvent être d'un type quelconque : électromécanique,  
 20 électromagnétique, hydraulique, etc. Suivant un mode préféré de réalisation, chaque vibreur comporte un pilier d'éléments sensibles (constitué par exemple d'éléments sensibles piézoélectriques ou magnétostrictifs) enrobé dans une gaine de protection, le matériau de couplage étant au contact avec la gaine de protection et avec les deux plaques terminales sur une partie au moins de chacune de leurs faces respectives. L'espace entre la  
 25 gaine et le pilier d'éléments sensibles peut être rempli d'un liquide tel que de l'huile.

---

La méthode selon l'invention permet de générer dans une formation souterraine des signaux vibratoires suivant un diagramme d'émission orienté. Elle comporte :

---

- l'installation dans un même puits de plusieurs vibreurs comprenant chacun deux pavillons, au moins un élément moteur adapté à engendrer des vibrations et à les

communiquer aux plaques et un générateur pour appliquer des signaux de commande périodiques à l'élément moteur, chaque vibreur étant positionné dans un puits ou cavité et noyé dans au moins un matériau solide assurant son couplage avec la formation souterraine, ce matériau étant au contact avec les deux pavillons terminales sur une partie au moins de chacune de leurs faces respectives. ; et

- le pilotage en séquence des différents vibrateurs, par l'intermédiaire d'un boîtier de contrôle avec des décalages entre les instants respectifs de déclenchement qui dépendent des intervalles entre les emplacements des vibrateurs et de la vitesse de propagation des ondes dans les formations environnant le puits.

10 Le pilotage en séquence des vibrateurs comporte par exemple l'application aux vibrateurs de signaux de commande à fréquence fixe  $f$  dont la phase  $\Phi_i$  est reliée à la fréquence  $f$  et au décalage de temps par la relation  $\Phi_i = 2\pi \cdot f \cdot t_i$ .

15 Il est possible également de piloter en séquence les vibrateurs en leur appliquant des signaux de commande de fréquences fixes distinctes les unes des autres de façon à permettre leur séparation.

Suivant un mode de mise en œuvre, la méthode comporte le couplage avec la formation environnant le puits d'un récepteur sismique et la détermination au préalable des temps de trajet des ondes respectivement entre chaque vibreur et le dit récepteur.

20 Suivant un autre mode de mise en œuvre, la méthode comporte l'adjonction aux vibrateurs, de récepteurs connectés à un ensemble d'acquisition et de traitement de signaux et le déclenchement en séquence des différents vibrateurs avec des décalages entre les instants respectifs de déclenchement calculés par le dit ensemble en corrélant les signaux produits par les différents récepteurs.

### Présentation sommaire des figures

25 Les caractéristiques et avantages du dispositif et de la méthode selon l'invention, apparaîtront plus clairement à la lecture de la description ci-après d'un exemple non limitatif de réalisation, en se référant aux dessins annexés où :

- la fig.1 montre schématiquement un vibreur enfoui dans du matériau de couplage tel que du ciment ou analogue ;
- la fig.1a montre une plaque terminale de chaque vibreur avec les barres d'ancrage réparties sur son pourtour ;
- 5 - la fig.2a montre schématiquement un mode de couplage de chaque vibreur où les pavillons d'extrémité sont séparément couplés aux terrains environnant par un même matériau de couplage;
- les fig.2b et 2c montrent respectivement des cavités aménagées dans le puits au niveau de chaque pavillon, et un mode particulier permettant de créer chacune de ces cavités ;
- 10 - la fig.3 montre schématiquement un agencement de plusieurs vibrateurs enfouis à des profondeurs différentes d'un puits, connectés à un système de pilotage en surface, permettant leur commande séquentielle avec des décalages de temps tenant compte de la vitesse réelle des ondes dans les formations environnant le puits ;
- la fig.4 montre schématiquement un vibreur avec un géophone associé, permettant un  
15 autre mode de commande séquentielle de vibrateurs dans un puits ; et
- la fig.5 montre schématiquement un mode de réalisation du dispositif où chaque pavillon comporte deux plaques disposées parallèlement.

### Description détaillée

Le dispositif selon l'invention comporte au moins un (et de préférence plusieurs)  
20 vibrateurs V. Les vibrateurs peuvent être d'un type quelconque : électromécaniques, électromagnétiques, hydrauliques, etc.

Dans la description qui suit, on va considérer à titre d'exemple, le cas de vibrateurs comprenant au moins un pilier d'éléments sensibles (piézoélectriques ou magnétostrictifs) 1  
associé rigidement à chacune de ses extrémités opposées à un pavillon 2, 3. Le pilier  
25 d'éléments sensibles est centré par rapport aux pavillons 2, 3 et recouvert par une  
membrane déformable 4. Un câble de connexion 5 relie le pilier 1 à un générateur 6 de signaux de commande.

Le vibreur V est placé dans une cavité ou puits W et un matériau de couplage 7 tel que du ciment ou du béton par exemple, est injecté dans le puits de façon qu'il soit en contact intime avec le pilier 1 sur toute sa longueur et également avec les faces opposées de chacun des pavillons 2, 3. Pour permettre au matériau de couplage 7 de se répartir de manière bien homogène à l'intérieur de l'espace entre les pavillons, ceux-ci peuvent être  
 5 pourvus de perforations 8. Le diamètre des pavillons 2, 3 doit correspondre sensiblement au diamètre de la cavité ou du puits W de manière à obtenir une surface maximum de couplage.

Pour améliorer encore le couplage et répartir les contraintes dans un volume important du matériau de couplage 7, des tiges d'ancrage 9 de longueur appropriée peuvent  
 10 être fixées à la périphérie des pavillons 2, 3.

Suivant le mode de réalisation de la fig. 5, chaque pavillon 2, 3 comporte comme celui représenté, au moins deux plaques 2a, 2b disposées parallèlement reliées l'une à l'autre par des tiges d'ancrage 9. Pour améliorer le couplage avec le matériau de couplage 7, la surface externe de chaque plaque 2a, 2b et aussi des tiges de couplage 9 est de préférence  
 15 pourvue d'inégalités de relief, telles que des cannelures. L'espace entre la membrane tubulaire déformable 4 et le pilier d'éléments sensibles 1 peut comme représenté être rempli d'un liquide L tel que de l'huile.

Le ciment utilisé pour le couplage doit sécher sans se rétracter de manière à garantir  
 20 un bon couplage.

Au lieu de noyer le vibreur entièrement dans un même volume 7 de matériau de couplage, il est possible aussi comme illustré à la fig. 2a, de coupler chacun des pavillons séparément avec les terrains environnants, par l'intermédiaire de deux volumes 7a, 7b de ce même matériau. Pour isoler l'un de l'autre les deux volumes 7a, 7b, on coule entre eux un  
 25 autre matériau 10. On peut utiliser par exemple de la bentonite ou analogue qui a la propriété de gonfler une fois mouillée et ainsi peut combler l'espace intermédiaire. Cette solution est utile par exemple quand le matériau de couplage a des propriétés mécaniques différentes de celles de l'encaissant (terrains environnants).

Suivant une variante de mise en œuvre, le couplage du vibreur avec les formations  
 30 peut être amélioré si on aménage une chambre 11 dans la paroi du puits au niveau de

chaque pavillon comme indiqué fig.2b. Pour créer un tel chambrage, on peut utiliser par exemple des outils de forage appropriés ou encore des substances explosives. Une solution consiste par exemple (fig.2c) à descendre dans le puits à l'endroit prévu d'enfouissement du vibreur, une tige 12 portant deux enroulements 13 de cordeau détonant suffisamment  
 5 espacés l'un de l'autre, que l'on fait détoner.

Suivant le mode de mise en œuvre de la fig.3, le dispositif comporte plusieurs vibreurs V1, V2, ..., Vn analogues à celui de la fig.1 ou 5, qui sont placés à intervalles les uns des autres le long d'un puits W. Les vibreurs sont de même noyés dans un ou plusieurs matériau(x) de couplage 7, 10 (fig.1 ou fig.2a).

10 Avec un tel agencement, en connectant les différents vibreurs V1 à Vn au générateur 6 par l'intermédiaire d'un boîtier de commande 14 et en les actionnant en séquence avec des décalages de temps choisis entre eux, on peut obtenir un effet de directivité.

On amplifie ainsi les signaux vibratoires émis plutôt vers le bas au détriment de  
 15 ceux qui se propagent dans d'autres directions. De ce fait, on diminue notamment l'amplitude du premier multiple réfléchi par la surface de la formation, qui présente une instabilité nuisible à la répétabilité du signal.

Pour déterminer les instants de déclenchement, on procède par exemple de la manière suivante.

20 On utilise un récepteur sismique R (hydrophone, géophone ou de préférence une combinaison de ces deux capteurs) disposé de préférence sensiblement à la verticale du puits contenant les vibreurs ou bien à une distance horizontale suffisamment faible pour que les temps de trajets entre chaque vibreur et ce récepteur R ne diffèrent pas sensiblement des temps de trajet verticaux. Le récepteur peut être positionné dans le puits  
 25 contenant les vibreurs et il est relié à un ensemble d'acquisition et de traitement 15 ~~disposé par exemple en surface. Si plusieurs récepteurs sont positionnés le long du puits~~  
~~sous les vibreurs, on choisira par exemple le plus profond d'entre eux. On peut utiliser~~  
~~aussi un récepteur en surface. On mesure au préalable le temps de trajet  $\vartheta_i$  des ondes entre~~  
~~chaque vibreur Vi et ce récepteur R. Les décalages de temps  $t_i$  ( $i=1$  à  $n$ ) à appliquer aux~~  
 30 différents vibreurs Vi se déduisent de ces temps de trajet par la relation :

$t_i = K + \varepsilon.t_i$  où  $K$  est une constante et  $\varepsilon$  est égal à +1 ou -1 suivant que le récepteur R est situé au-dessus ou au -dessous de l'ensemble des vibreurs. L'ensemble 15 commande l'application de ces décalages de temps aux vibreurs par l'intermédiaire du boîtier de commande 14.

- 5 Dans le cadre d'une utilisation où les vibreurs émettent chacun une mono-fréquence comme décrit dans la demande de brevet FR 00 01792 des demandeurs le décalage apparaîtra sous la forme d'un déphasage par fréquence relié au décalage en temps précédent par la relation :  $\phi_i = 2\pi f t_i$ .

10 Suivant le mode de mise en œuvre de la fig.4, il est également possible de contrôler le déclenchement en séquence des vibreurs placés dans le puits, en associant à chacun d'eux, un récepteur sismique tel qu'un géophone G1. Chaque géophone est par exemple fixé à un support 16 disposé entre deux barres d'ancrage 9. Les géophones sont connectés respectivement à l'ensemble d'acquisition et de traitement 15 extérieur au puits. Pour ajuster en temps réel le retard au déclenchement d'un vibreur  $V_i$  quelconque par rapport  
15 au premier de la série, on mesure le temps effectif de parcours des ondes entre eux par toute méthode de mesure de décalage entre signaux, notamment en réalisant une intercorrélacion entre les signaux délivrés respectivement par les géophones soit dans le domaine temporel ou dans le domaine des fréquences et l'on déclenche le vibreur  $V_i$  en tenant compte de ce temps de parcours effectif. Cette mesure du décalage temporel peut être réalisée par  
20 intercorrélacion. Les décalages calculés par l'ensemble de traitement 15 sont transmis au boîtier de commande 14 qui retarde en conséquence les différents vibreurs par rapport au premier d'entre eux.

On a décrit des vibreurs comprenant un seul pilier central 1. On ne sortirait pas cependant du cadre de l'invention en intercalant plusieurs piliers d'éléments sensibles  
25 piézoélectriques entre les deux pavillons 2, 3.

## REVENDECATIONS

- 1) Dispositif d'émission d'ondes dans une formation souterraine, comportant au moins un vibreur comprenant deux pavillons (2, 3), au moins un élément moteur (1) adapté à engendrer des vibrations et à les communiquer aux plaques et un générateur (6) pour appliquer des signaux de commande périodiques à l'élément moteur, caractérisé en ce que le vibreur est positionné dans un puits ou cavité (W) et noyé dans au moins un matériau solide (7, 10) assurant son couplage avec la formation souterraine, ce matériau étant au contact avec les deux plaques terminales (2, 3) sur une partie au moins de chacune de leurs faces respectives.
- 2) Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte des barres d'ancrage (9) associées à au moins une des plaques terminales (2, 3), pour accroître le couplage du vibreur avec la masse (7, 10) de matériau de couplage.
- 3) Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque pavillon comporte au moins deux plaques (2a, 2b) disposées à distance l'une de l'autre et réunies par des barres d'ancrage (9).
- 4) Dispositif selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que la surface externe de chaque plaque est pourvue d'inégalités de relief telles que des cannelures pour accroître la surface de couplage du dispositif avec le matériau de couplage (7, 10).
- 5) Dispositif selon l'une des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que les barres d'ancrage sont pourvues d'inégalités de relief pour accroître la surface de couplage du dispositif avec le matériau de couplage (7, 10).
- 6) Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les plaques terminales (2, 3) sont perforées de façon à faciliter la pénétration du matériau de couplage dans l'espace compris entre les deux plaques terminales (2, 3).
- 7) Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte un seul matériau solide de couplage qui est réparti de façon à assurer le couplage du vibreur avec la formation, au moins au niveau de ses extrémités opposées.

8) Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comporte au moins deux matériaux de couplage, un premier matériau (7a, 7b) réparti suivant deux masses distinctes pour assurer le couplage du vibreur avec la formation, au niveau de ses extrémités opposés, un deuxième matériau (10) étant intercalé entre les deux masses.

5           9) Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que comporte plusieurs vibreurs (V1, ... Vn) connectés à un générateur de signaux (6), ces vibreurs étant disposés à intervalles les uns des autres le long d'un puits (W) et tous noyés dans au moins un matériau de couplage (7, 10).

10           10) Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comporte un boîtier de contrôle (14) intercalé entre les vibreurs (V1, ... Vn) et le générateur de signaux (6) permettant de les déclencher successivement.

15           11) Dispositif selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce qu'il comporte un récepteur sismique (R) couplé avec les formations environnant le puits à une profondeur déterminée et connecté avec un ensemble d'acquisition et de traitement (15), adapté à commander en séquence les vibreurs pour obtenir une émission orientée principalement suivant un diagramme défini.

20           12) Dispositif selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce qu'il comporte des récepteurs sismiques (G1) associés aux différents vibreurs (V1) et connectés à un ensemble d'acquisition et de traitement (15) adapté à déterminer les temps de trajet des ondes entre les emplacements des différents vibreurs et à les commander en séquence pour obtenir une émission orientée principalement suivant un diagramme défini.

13) Dispositif selon la revendication 2 et 12, caractérisé en ce que les récepteurs (G1) sont fixés à des supports (16) solidaires des barres d'ancrage (9).

25           14) Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque vibreur comporte un pilier (1) d'éléments sensibles enrobé dans une gaine de protection (4) ledit matériau de couplage étant au contact avec la gaine de protection (4) et avec les deux plaques terminales (2, 3) sur une partie au moins de chacune de leurs faces respectives.



14) Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que l'espace entre la gaine et le pilier d'éléments sensibles est rempli d'un liquide tel que de l'huile.

15) Dispositif selon la revendication 13, caractérisé par en ce que le pilier (1) est constitué d'éléments sensibles piézoélectriques ou magnétostrictifs.

5 16) Dispositif selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé par en ce que chaque élément moteur est de type électromécanique, électromagnétique ou hydraulique.

17) Méthode pour générer dans une formation souterraine des signaux vibratoires suivant un diagramme d'émission orienté, caractérisé en ce qu'elle comporte :

- l'installation dans un même puits (W) de plusieurs vibreurs ( $V_1, \dots, V_n$ )  
 10 comprenant chacun deux pavillons (2, 3), au moins un élément moteur (1) adapté à engendrer des vibrations et à les communiquer aux plaques et un générateur (6) pour appliquer des signaux de commande périodiques à l'élément moteur, chaque vibreur étant positionné dans un puits ou cavité (W) et noyé dans au moins un matériau solide (7, 10) assurant son couplage avec la formation souterraine, ce matériau étant au contact avec les  
 15 deux plaques terminales (2, 3) sur une partie au moins de chacune de leurs faces respectives ; et

- le pilotage en séquence des différents vibreurs ( $V_1, \dots, V_n$ ), par l'intermédiaire d'un boîtier de contrôle (10) avec des décalages entre les instants respectifs de déclenchement qui dépendent des intervalles entre les emplacements des vibreurs et de la  
 20 vitesse de propagation des ondes dans les formations environnant le puits, de manière à obtenir une émission directive.

18) Méthode selon la revendication 17, caractérisée en ce que le pilotage en séquence des vibreurs comporte l'application aux vibreurs de signaux de commande à fréquence fixe  $f$  dont la phase  $\Phi_i$  est reliée à la dite fréquence  $f$  et au dit décalage de temps  
 25 par la relation  $\Phi_i = 2\pi \cdot f \cdot t_i$

19) Méthode selon la revendication 17, caractérisée en ce que le pilotage en séquence des vibreurs comporte l'application aux différents vibreurs de signaux de

commande de fréquences fixes distinctes les unes des autres de façon à permettre leur séparation.

21) Méthode selon l'une des revendications 18 à 20, caractérisée en ce qu'elle comporte le couplage avec la formation environnant le puits d'un récepteur sismique (R) et  
5 la détermination au préalable des temps de trajet des ondes respectivement entre chaque vibreur et le dit récepteur (R).

22) Méthode selon l'une des revendications 18 à 20, caractérisée en ce qu'elle comporte l'adjonction aux vibreurs, de récepteurs (R, G1) connectés à un ensemble (15) d'acquisition et de traitement de signaux et le déclenchement en séquence des différents  
10 vibreurs avec des décalages entre les instants respectifs de déclenchement calculés par le dit ensemble (15) en calculant le décalage entre les signaux produits par les différents récepteurs.

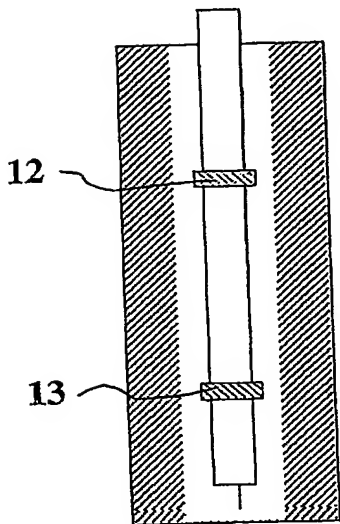
6



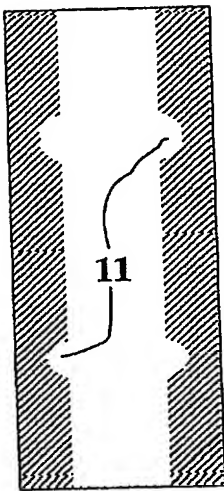
91



FIG. 2B



**FIG.2C**



**FIG.2A**

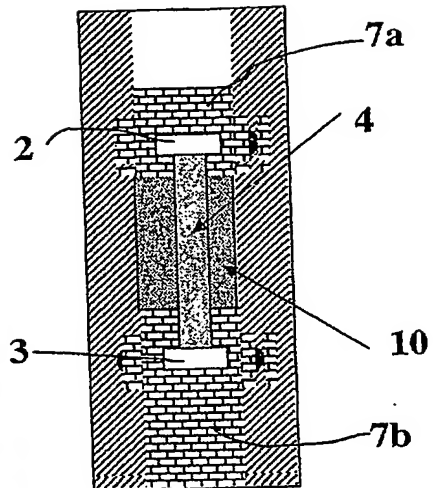


FIG.4

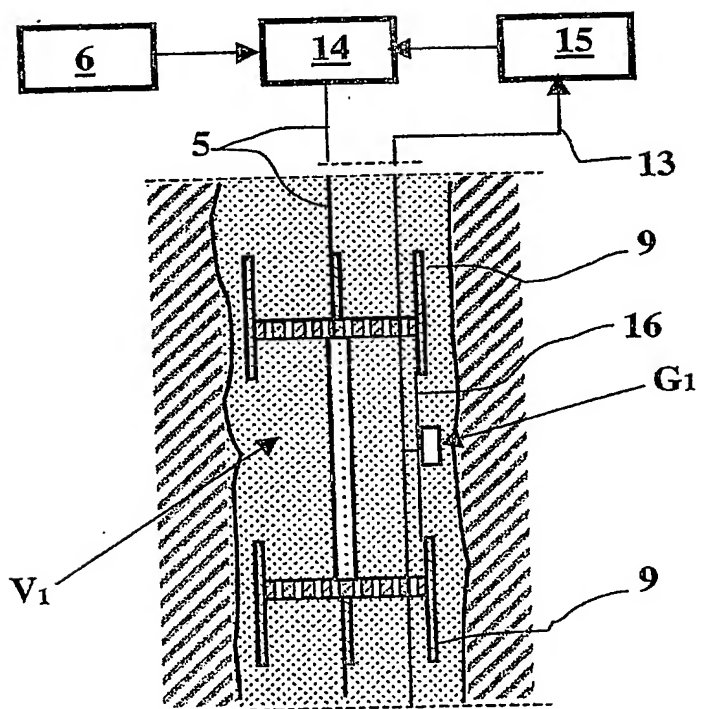
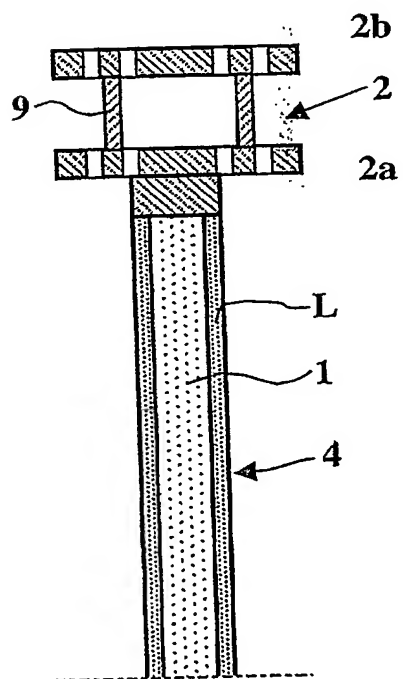
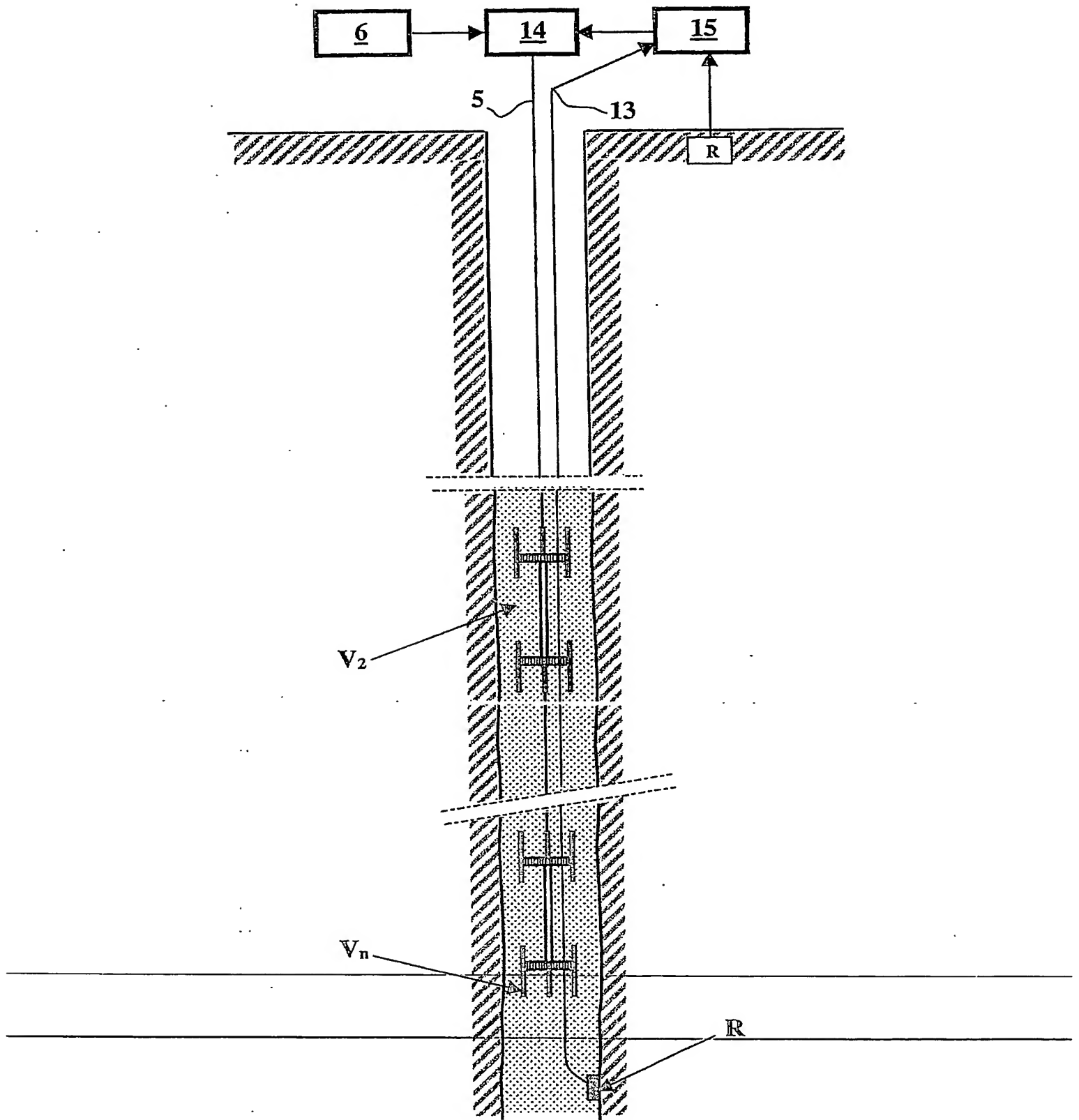


FIG.5



3/3

FIG.3





## BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



## DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

## DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.../1...

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 113 0 71 / 270601

|  |                      |                          |
|--|----------------------|--------------------------|
| Vos références pour ce dossier (facultatif)  |                      | JC/CLN                   |
| N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL   |                      | 0211965                  |
| <b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum)<br>DISPOSITIF D'EMISSION SISMIQUE DANS UNE FORMATION SOUTERRAINE ET METHODE POUR SA MISE EN OEUVRE |                      |                          |
| <b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b><br>INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE, GAZ DE FRANCE - SERVICE NATIONAL, COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE                                   |                      |                          |
| <b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b>   |                      |                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> 1  | Nom                  | MEYNIER                  |
|  | Prénoms              | Patrick                  |
| Adresse  | Rue                  | 23bis, rue des Garennes  |
|  | Code postal et ville | 17 18 14 10 10 Chatou    |
| Société d'appartenance (facultatif)  |                      |                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> 2  | Nom                  | HUGUET                   |
|  | Prénoms              | Frédéric                 |
| Adresse  | Rue                  | 30, rue du Maréchal Foch |
|  | Code postal et ville | 19 15 14 17 10 Fosses    |
| Société d'appartenance (facultatif)  |                      |                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> 3  | Nom                  | MEUNIER                  |
|  | Prénoms              | Julien                   |
| Adresse  | Rue                  | 12, rue du Père Guérin   |
|  | Code postal et ville | 17 15 01 13 Paris        |
| Société d'appartenance (facultatif)  |                      |                          |
| S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.                            |                      |                          |
| <b>DATE ET SIGNATURE(S)</b><br><b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b><br><b>OU DU MANDATAIRE</b><br>(Nom et qualité du signataire)   |                      |                          |
| Alfred ELMALEH,<br>Chef du Département Brevets   |                      |                          |

PCT Application  
**FR0302800**

